SNI

SNI 04-0204-1987

Standar Nasional Indonesia

Spesifikasi transformator tegangan tinggi

ICS 29.180

Badan Standardisasi Nasional

KATA PENGANTAR

Standar Listrik Indonesia (SLI) No. $\frac{\text{SLI 020-1985}}{\text{a. 010}}$ yang berjudul "Spesifikasi Transformator Tegangan Tinggi" dimaksudkan untuk dipakai oleh semua pihak terutama pihak konsumen dan pabrikan.

Sesuai dengan kebijaksanaan pemerintah di bidang Standardisai Kelistrikan dimana suatu standar Perusahaan/Assosiasi/Badan/Lembaga dapat diadopsi menjadi SLI, maka SLI No. $\frac{\text{SLI 020-1985}}{\text{a. 010}}$ ini merupakan adopsi dari SPLN 61 : 1985.

Standar ini disusun oleh Panitia Teknik Transformator yang dibentuk berdasarkan Surat Keputusan Direktur Jenderal Listrik dan Energi Baru No. 007-12/703/500/84 tanggal 4 Juni 1984 kemudian diganti dengan SK No. 004-12/703/600/85 tanggal 13 Pebruari 1985 dengan susunan anggota sebagai beikut :

1. Ir. Mahmud Yunus (Perum Listrik Negara)
   Ketua I merangkap anggota
2. Ir. Prasetyo (PT. UNINDO)
   Ketua II merangkap anggota
3. Ir. Achmad Sudjana (Perum Listrik Negara)
   Sekretaris I merangkap anggota
4. Drs. Pinonda Siregar (Ditjen LEB)
   Sekretaris II merangkap anggota
5. Ir. Suwarno Suardjo (Ditjen LEB)
   Anggota
6. Ir. Merdeka Sebayang (Ditjen LEB)
   Anggota
7. Ir. Soemarjanto (Ditjen LEB)
   Anggota
8. Ir. Saroso (PT. UNINDO)
   Anggota
9. Ir. Suryono (AITTI)
   Anggota

10. Ir. Hasim Soerotaroeno (Perum Listrik Negara)
    Anggota

11. Ir. Rosid (Perum Listrik Negara)
    Anggota

12. Ir. L. Kustiwa (PT. Pupuk Kujang)
    Anggota

13. Ir. Agus Salim (PT. Krakatau Steel)
    Anggota

14. Ir. Ketut Setiawan (DEPPERIND)
    Anggota

15. Ir. Bambang Subianto (AKLI)
    Anggota

Dan telah dibahas dalam Forum Musyawarah Ketenagalistrikan yang diselenggarakan pada tanggal 11 s/d 14 Pebruari 1986 di Jakarta.

Pemerintah c.q. Direktorat Jenderal Listrik dan Energi Baru memberikan kesempatan seluas-luasnya kepada para konsumen standar ini untuk memberikan bahan masukan baru yang tentunya akan sangat membantu dalam melakukan proses "up dating standar" dan yang akan selalu dilakukan secara berkala untuk disesuiakan dengan perkembangan teknologi terakhir.

Semoga buku standar ini dapat bermanfaat bagi para pemakai sebagai pelengkap perangkat lunak (software) dalam menunjang pembangunan di negara ini.

Jakarta, A p r i l 1986.-

Direktur Jenderal Listrik dan Energi Baru

Daftar Isi

SPESIFIKASI TRANSFORMATOR TEGANGAN TINGGI

Pasal Satu
Ruang Lingkup dan Tujuan

1 Ruang Lingkup

Standar ini dimaksudkan untuk menetapkan spesifikasi transformator tegangan tinggi (termasuk ototransformator), yaitu transformator yang bertegangan primer pengenal 66 kV dan 132 kV.

Dikecualikan dari standar ini transformator-transformator khusus sebagai berikut:

- Transformator fasa-tunggal berkapasitas pengenal kurang dari 1 kVA dan transformator fasa-tiga kurang dari 5 kVA.
- Transformator ukur (diliput oleh Publikasi IEC 185 dan 186, masing-masing tentang transformator arus dan transformator tegangan).
- Transformator untuk konvertor statis (diliput oleh Publikasi IEC 84, 119, dan 146, masing-masing tentang konvertor busur-raksa, tumpuk perata semikonduktor polikristalin dan konvertor semikonduktor).
- Transformator asut.
- Transformator uji.
- Transformator traksi yang dipasang pada kereta-rel.
- Transformator las.

Standar ini disusun berdasarkan dan merupakan kesatuan dengan standar-standar IEC tentang transformator tenaga dan yang berkaitan, yaitu:

(1) Publikasi IEC 76 berjudul: Power Transformers, yang terdiri dari 5 bagian, yaitu:
  - Publikasi 76-1 (1976): General
  - Publikasi 76-2 (1976): Temperature rise
  - Publikasi 76-3 (1980): Insulation levels and dielectric tests
  - Publikasi 76-4 (1976): Tappings and connections
  - Publikasi 76-5 (1976): Ability to withstand short-circuit

(2) Publikasi IEC 354 (1972): Loading guide for oil immersed transformers

(3) Publikasi IEC 606 (1978): Application guide for power transformers

Disamping itu standar ini juga merujuk standar-standar IEC yang mutakhir, yaitu:

(4) Publikasi IEC 616 (1978): Terminal and tapping markings for power transformers

(5) Publikasi IEC 722 (1982): Guide to the lightning impulse and switching impulse testing of power transformers and reactors.

2 Tujuan

Tujuannya ialah untuk memberikan pegangan yang terarah baik bagi pemesanan oleh konsumen maupun pembuatan serta pengujian oleh fabrikan, penjual dan lembaga penguji dalam dan luar negeri. Dalam standar ini ditetapkan spesifikasi umum bagi transformator distribusi baik yang diimpor maupun produksi dalam negeri. Dalam pemesanan konsumen dapat menetapkan lebih lanjut spesifikasi khusus masing - masing bagi transformator yang diimpor dan produksi dalam negeri sesuai dengan pengalaman dan kebutuhan.

Pasal Dua

Berlakunya Standar IEC dan Penerapannya di Indonesia

3 Telah ditetapkan pola dan perencanaan pembakuan di tingkat PLN sebagai berikut :

Pertama: Penggarapannya mengutamakan pembakuan sistem karena disinilah terletak ketergantungan peralatan utama maupun peralatan tertentu lainnya.

Kedua : Mengikuti (mengangkat seutuhnya atau dengan tambahan/perubahan) standar IEC, sedang standar-standar yang lain akan dipakai sebagai pembanding atau sebagai penunjang bilamana masih bersesuaian atau tidak bertentangan dengan standar IEC.

Sehubungan dengan hal tersebut maka dalam menyusun spesifikasi transformator distribusi, perlu dianalisa seberapa jauh standar yang ada dapat diterapkan bagi disain dan pengujian transformator yang dipesan konsumen baik melalui impor maupun melalui produksi dalam negeri. Dengan perkataan lain, perlu dianalisa untuk menjawab pertanyaan:Bagaimana (perubahan) karakteristik kerja sebuah transformator yang dirancang berdasarkan standar IEC, bila dipakai di Indonesia ? Khusus bagi fabrikan dalam negeri, disain dan pengujian dapat dipilih diantara dua alternatif, yaitu mengikuti standar IEC seutuhnya, atau merancang sendiri.

4 Mengikuti Publikasi IEC 76 (1976), 354 (1972) dan 606 (1978)

4.1 Nilai-nilai pengenal sebuah tranformator -termasuk transformator distribusi- yang dirancang berdasark_n Publikasi IEC 76 (1976) dan 354 (1972) merupakan hasil penjabaran dari nilai efektif suhu sekitar sepanjang tahun. Dalam Publikasi IEC 76-1 (1976) disebutkan bahwa transformator dirancang untuk bekerja pada suhu-sekitar yang tidak melebihi 40 °C dan juga tidak melebihi nilai-nilai berikut:

+ 30 °C rata-rata harian;
+ 20 °C rata-rata tahunan.

Dalam SPLN 17A: 1979 (Publikasi IEC 354) dan SPLN 17: 1979 tentang Pedoman Pembebanan Transformator Terendam Minyak, nilai efektif dari suhu-sekitar sepanjang tahun dapat dihitung dan untuk negara-negara yang mempunyai 4 musim diperoleh nilai efektif 20 °C. Dalam SPLN 17A: 1979 tersebut diberikan rumus ntuk menghitung suhu-sekitar efektif tahunan (annual weighted ambient temperature) θ_a' dan contoh perhitungannya sebagai berikut:

$$\theta_a' = 20\log_{10} \left[\frac{1}{12} \sum_{1}^{12} 10^{\theta_a/20}\right]$$

dimana:

θ_a = 30 °C selama 2 bulan (m. panas)
= 20 °C selama 4 bulan (m. semi)
= 10 °C selama 4 bulan (m.gugur)
= 0 °C selama 2 bulan (m.dingin)

sehingga diperoleh:

$$\theta_a' = 20\log_{10} [\frac{1}{12} (2 \times 10^{30/20} + 4 \times 10^{20/20} + 4 \times 10^{10/20} + 2 \times 10^{0})]$$

$$= 20 \times 0,9926$$

$$= 19,85\ ^{o}C$$

$$= 20\ ^{o}C.$$

Bilamana dihitung rata-rata aritmatik diperoleh:

$$\theta_a' = \frac{2 \times 30 + 4 \times 20 + 4 \times 10 + 2 \times 0}{12}$$

$$= 15\ ^{o}C\ (5\ ^{o}C \text{ lebih rendah}).$$

Bagi suhu-sekitar diperlukan pemakaian nilai efektif (atau disebut juga nilai bobot) karena perubahan suhu-sekitar sangat besar, yaitu antara 0 ^{o}C (atau kurang yang sama pengaruhnya terhadap ketahanan isolasi) dan 30 ^{o}C.

Bagi Indonesia, dimana perubahan suhu-sekitar sepanjang tahun tidak besar, yaitu suhu rata-rata bulanan 24 ^{o}C (pada musim hujan) dan 27 ^{o}C (pada musim kemarau), perhitungan untuk memperoleh nilai efektif tidak diperlukan karena hasilnya sama saja dengan nilai rata-rata tahunan yang dihitung secara aritmatik.

Nilai efektif:

$$\theta_a' = 20\log_{10} [\frac{1}{12} (6 \times 10^{27/20} + 6 \times 10^{24/20})]$$

$$= 20 \times 1,281$$

$$= 25,62\ ^{o}C.$$

Nilai rata-rata aritmatik:

$$\theta_a' = \frac{6 \times 27 + 6 \times 24}{12}$$

$$= 25,5\ ^{o}C.$$

4.2 Dalam SPLN 17A: 1979, pada Tabel III dan VIII ditunjukkan bahwa transformator itu dirancang untuk dibebani 100% selama 24 jam pada suhu-sekitar 20 °C. Sebagaimana ditegaskan di atas suhu-sekitar 20 °C ini merupakan nilai efektif suhu-sekitar <u>sepanjang tahun</u> di negara-negara yang mempunyai 4 musim. Tabel I s/d X mencantumkan parameter suhu-sekitar dari 0 °C s/d 40 °C. Untuk Indonesia, yang mempunyai suhu-sekitar 24 °C dan 27 °C (yang merupakan nilai rata-rata maupun nilai efektif), dikeluarkan SPLN 17: 1979.

Hal ini berarti, bukan saja pemanfaatan pembebanan lebih menjadi lebih rendah dari yang berlaku di negara-negara berempat musim, melainkan juga berarti bahwa transformator produksi negara-negara berempat musim yang berdaya pengenal 100 kVA, sesuai dengan standar IEC (yang memang menetapkan iklim empat-musim sebagai kriteria desain), hanya akan bernilai efektif 96,5 kVA (pada 24 °C) dan 94 kVA (pada 27 °C)

bila beroperasi di Indonesia. Jadi mengalami penurunan nilai pengenal (derating). Hal yang sama akan berlaku bagi transformator produksi dalam negeri (Indonesia) yang memakai standar IEC seutuhnya.

4.3 Guna memudahkan perhitungan selanjutnya SPLN 17:1979 dapat dilengkapi dengan Tabel III C dan VIII C yang memuat Tabel $K_1 - K_2$ dan kurva $K_1 - K_2$ dengan parameter suhu-sekitar θ_a masing-masing 25,5 °C. Dengan intrapolasi, transformator yang diproduksi berdasarkan standar IEC dan berdaya pengenal 100 kVA hanya akan bernilai efektif 95,25 kVA atau 95,25%.

Dalam Tabel IIIA (θ_a = 24 °C) dapat dibaca bahwa transformator yang dibenani 90% daya pengenal selama 12 jam dapat dibebani 100% daya pengenal selama 12 jam selebihnya. Demikian pula dalam Tabel IIIB (θ_a = 27 °C) bahwa transformator yang dibebani 80% daya pengenal selama 12 jam dapat dibebani 100% daya pengenal selama 12 jam selebihnya. Bilamana ditambahkan Tabel IIIC (θ_a = 25,5° C) akan ternyata bahwa transformator yang dibebani 85% daya pengenal selama 12 jam dapat dibebani 100% daya pengenal selama 12 jam selebihnya. Selanjutnya dimisalkan bahwa waktu beban-puncak berlangsung 4 jam (jam 18.00 - 22.00) maka dengan cara seperti di atas dapat diperoleh bahwa transformator yang dibebani 100% daya pengenal selama 4 jam dapat dibebani 94,75% daya pengenal selama 20 jam selebihnya.

Dengan demikian jelaslah bahwa penurunan nilai daya pengenal dalam praktek tidak begitu berarti oleh karena beban siang biasanya jauh di

bawah 90 % daya pengenal. Bilamana selama waktu beban-puncak itu hendak dibebani 110 % daya pengenal, transformator masih dapat dibebani 87,25 % daya pengenal selama 20 jam selebihnya.

5 Merancang Sendiri

Bilamana merancang sendiri transformator berdasarkan kondisi di Indonesia, khususnya persyaratan iklim, dapat ditempuh melalui dua jalur yaitu: pertama, mengikuti standar IEC, dan kedua, mengikuti standar nasional negara pemberi lisensi. Jalur yang pertama telah diuraikan di atas, yaitu bahwa dengan memasukkan suhu sekitar 24 °C dan 27 °C maupun 25,5 °C sepanjang tahun, maka rumus-rumus dan penjabarannya tetap berlaku, dengan catatan akan mengalami penurunan nilai daya pengenal (derating). Jadi dalam Buku Manual Pengoperasian dan Pemeliharaan Transformator ditegaskan bahwa transformator dirancang berdasarkan Publikasi IEC 76 (1976) dan 354 (1972) sehingga daya pengenal tercantum pada pelat nama berlaku pada suhu-sekitar dengan nilai efektif 20 °C sepanjang tahun, dan oleh karena itu untuk dioperasikan di Indonesia dengan suhu-sekitar rata-rata tahunan 25,5 °C dipakai Tabel IIIC dan VIIIC, yang masing-masing dijabarkan dari Tabel-tabel IIIA, IIIB dan VIIIA, VIIIB.

Dengan demikian jelaslah bahwa merancang sendiri dengan memasukkan suhu-sekitar yang berlaku di Indonesia ke dalam rumus-rumus tercantum dalam SPLN 17A: 1979 (Publikasi IEC 354) tidak diperlukan lagi karena akan menghasilkan transformator yang sama dengan catatan akan mengalami penurunan nilai daya pengenal, dan karenanya tidak disebut merancang sendiri. Jalur yang kedua ialah dengan memasukkan suhu-sekitar di Indonesia ke dalam rumus-rumus lain dari SPLN 17A: 1979. Perlu diingat bahwa Publikasi IEC 354 (SPLN 17A:1979) telah disetujui secara eksplisit oleh 25 negara, termasuk semua negara industri dari 44 negara anggota, yaitu:

Australia	Finlandia	Israel	Polandia	Turki
Austria	Perancis	Italia	Rumania *)	Uni Soveit *)
Belgia	Jerman	Jepang*)	Afrika Selatan	Inggris
Cekoslowakia	Hongaria	Belanda	Swedia	USA
Denmark	Iran**)	Norwegia	Swis	Yogoslavia

Dengan demikian dapat dipastikan bahwa negara-negara tersebut, kecuali Iran, akan menjadikan Publikasi IEC 354 (1972) sebagai dasar bagi desain transformator di negerinya masing-masing.

*) Hanya menyetujui bagian utama dan Lampiran A
**) Hanya menyetujui Lampiran B.

6 Kesimpulan dan Keputusan

Dari uraian di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa:

6.1 Publikasi IEC 76 (1976), 354 (1972) dan 606 (1978) merupakan standar yang dijadikan dasar untuk merancang transformator -termasuk transformator distribusi- bagi kebanyakan negara anggota IEC (termasuk negara-negara industri) dan oleh karena itu seharusnya pula dijadikan dasar untuk merancang transformator distribusi yang diproduksi di dalam negeri.

6.2 Iklim 4 musim yang dijadikan kriteria desain dalam Publikasi IEC tersebut tidak menghalangi penerapannya di negara-negara yang bukan berempat musim dengan catatan diperlukan pedoman penerapan pengoperasiannya sesuai dengan suhu-sekitar yang berlaku sepanjang tahun. Jadi, kriteria desain berlaku sepenuhnya, tetapi pengoperasiannya memerlukan pedoman penerapan sesuai suhu-sekitar yang berlaku.

Dengan kesimpulan di atas diambil keputusan sebagai berikut:

6.3 Menyusun konsep: "Spesifikasi Transformator Tegangan Tinggi" dengan mengikuti sepenuhnya Publikasi IEC 76 (1976), 354 (1972) dan 606 (1978) serta publikasi-publikasi IEC lainnya yang berkaitan. Untuk ini hanya diperlukan Pedoman Penerapan Pengoperasian dan Pemeliharaan yang disesuaikan dengan kondisi di Indonesia, terutama persyaratan iklim.

6.4 Konsep pembakuan tersebut di atas dilengkapi dengan persyaratan lain yang berlaku umum bagi semua transformator distribusi serta persyaratan khusus (spesifik) bagi transformator distribusi produksi dalam negeri sesuai dengan pengalaman dan kebutuhan konsumen.

Pasal Tiga
Spesifikasi Umum

7 Spesifikasi umum ini ditetapkan bagi transformator tegangan tinggi baik yang diimpor maupun produksi dalam negeri. Spesifikasi ini meliput juga ketentuan-ketentuan yang lebih spesifik sesuai dengan pengalaman dan kebutuhan konsumen. Dalam menetapkan spesifikasi umum bagi pemesanan sebuah transformator, periksa Lampiran A dari standar ini.

8 Tegangan Pengenal dan Penyadapan

Tegangan pengenal dan penyadapan ditetapkan dengan merujuk SPLN 31: 1980: Tegangan Pengenal Transformator dan Jangkauan Penyadapan Pengubah Sadapan Berbeban pada Sistem 66 kV dan 150 kV."

8.1 Tegangan Primer *)

Tegangan primer sitetapkan sesuai dengan tegangan nominal sistem pada jaringan tegangan tinggi (JTT) yang berlaku di lingkungan usaha ketenagalistrikan, yaitu 66 KV dan 132 KV. Dengan demikian ada dua macam transformator yang dibedakan oleh tegangan primernya, yaitu :

(a) Transformator bertegangan primer 66 kV,

(b) Transformator bertegangan primer 132 kV.

8.2 Tegangan Sekunder

Tegangan sekunder ditetapkan dengan disesuaikan dengan tegangan sistem pada jaringan tegangan menengah (JTM) yang berlaku di lingkungan usaha ketenagalistrikan (20 kV), tetapi pada jaringan tegangan tinggi (JTT) tidak disesuaikan. Dengan demikian ada dua macam transformator yang dibedakan oleh tegangan sekundernya, yaitu :

(1) Transformator bertegangan sekunder 20kV;

(2) Transformator bertegangan sekunder 69 kV.

8.3 Tegangan pengenal transformator

Tegangan pengenal transformator pada sisi perimer dan sisi sekunder ditetapkan sebagai berikut:

Tegangan pengenal transformator kV	Sisi primer kV	Sisi sekunder kV
132/69	132	69
132/20	132	20
66/20	66	20

8.4 Jangkauan tegangan kerja dan jangkauan penyadapan

Jangkauan tegangan kerja pada sisi primer bagi ketiga transformator pada Sub ayat 8.3 di atas ditetapkan + 10% dan - 5% dari tegangan pengenalnya. Jangkauan tegangan kerja pada sisi sekunder bagi ketiga transformator tersebut ditetapkan 0 + 5% dari tegangan pengenalnya. Berdasarkan jangkauan tegangan kerja tersebut, maka jangkauan penyadapan pengubah sadapan berbeban ditetapkan [+ 10%, -15,6%].

*) Lilitan yang menerima daya aktif dari sumber daya disebut "Primer" sedang yang menyalurkan daya aktif ke sirkit beban disebut "Sekunder."

8.5 Tabel tegangan pengenal, jangkauan penyadapan dan jangkauan tegangan kerja

Dengan ketentuan-ketentuan tersebut pada sub ayat 8.3 dan 8.4 di atas, maka tabel tegangan pengenal transformator, jangkauan penyadapan dan jangkauan tegangan kerja masih dapat merujuk SPLN 31: 1980 dengan perubahan tegangan nominal 150 kV menjadi 132 kV yaitu sebagai berikut:

Tegangan pengenal transformator kV	Jangkauan penyadapan kV	Jangkauan tegangan kerja kV
132/69	$\frac{132 + 10\% - 15{,}6\%}{69}$	$\frac{145 - (132) - 125{,}5}{72{,}5 - (69)}$
132/20	$\frac{132 + 10\% - 15{,}6\%}{20}$	$\frac{145 - (132) - 125{,}5}{21 - (20)}$
66/20	$\frac{66 + 10\% - 15{,}6\%}{20}$	$\frac{72{,}6 - (66) - 62{,}7}{21 - (20)}$

Catatan: 1. Jangkauan penyadapan tercantum dalam tabel di atas didasarkan kepada asumsi bahwa impedansi transformator sebesar 12%, hal mana berarti kapasitas pemutus beban dan transformator sudah tertentu atau terbatas.

2. Dengan diperbaharuinya SPLN 1: 1978 tentang Tegangan-Tegangan Standar dimana tegangan nominal 150 kV diubah menjadi 220 kV dan ditetapkannya tegangan nominal baru 132 kV, maka tabel dari SPLN 31: 1980 masih dapat dipedomani dengan penyesuaian dari 150 kV menjadi 132 kV.

8.6 Langkah penyadapan dan jangkauan penyadapan

Langkah penyadapan ditetapkan 1,5 % (satu setengah prosen) dari tegangan pengenal. Berdasarkan langkah penyadapan tersebut maka jangkauan penyadapan disesuaikan menjadi [+10,5%, -15%] atau [+10,5%, -16,5%].

Catatan: Nilai-nilai tegangan sadapan, khususnya penyadapan utama (principle tapping), adalah nilai-nilai yang bersesuaian dengan besaran-besaran pengenal (arus, tegangan, daya), sebagaimana didefinisikan dalam Publikasi IEC 76-1 (1976) Sub ayat 3.5.1.1..

9 Daya Pengenal dan Pembebanannya

9.1 Daya pengenal

Nilai-nilai daya pengenal yang lebih disukai tercantum dalam SPLN 8A:1978 (Publikasi IEC 76-1 (1976), Tabel II) seperti di bawah ini, sedang yang bertanda *, (*) dan (**) adalah nilai-nilai standar PLN.

Tanda * untuk transformator distribusi, (*) dan (**) masing-masing untuk transformator 66/20 kV dan 132/20 kV & 132/69 kV.

MVA	MVA	MVA	MVA	MVA
5	50*	500*	5 000(*)	50 000
6,3	63	630*	6 300(*)	63 000(*)(**)
8	80	800*	8 000	80 000
10	100 *	1 000*	10 000(*)	100 000(**)
12,5	125	1 250*	12 500	125 000
16*	160*	1 600*	16 000(*)	160 000
20	200*	2 000	20 000(*)	200 000
25*	250*	2 500(*)	25 000	250 000
31,5	315*	3 150	31 500(*)(**)	315 000
40	400*	4 000	40 000	400 000

Catatan: Nilai-nilai dalam tabel di atas berlaku bagi transformator fasa-tiga dan fasa-tunggal. Bagi transformator fasa-tunggal yang akan dipasang pada bangku fasa-tiga, nilainya sepertiga dari nilai-nilai tercantum dalam tabel di atas.

9.2 Pembebanan transformator

Pembebanan transformator dilaksanakan sesuai dengan SPLN 17A:1979 (Publikasi IEC 354 (1972), Lampiran A) dan SPLN 17: 1979 masing-masing tentang Pedoman Pembebanan Transformator Terendam Minyak dan Penerapannya. Nilai-nilai beban yang tercantum dalam Tabel I s/d X dari Lampiran A menunjukkan dimungkinkannya pembebanan lebih pada suhu-sekitar dan jangka waktu tertentu. Dengan nilai-nilai tersebut transformator dijamin tidak mengalami kenaikan susut umur (umur transformator tetap sesuai desain), karena pengaruhnya terhadap isolasi sama dengan transformator yang bekerja pada daya pengenal dan suhu-sekitar 20 °C, sehingga suhu titik-panas (hot-spot) pada lilitan mencapai 98 °C.

Dengan demikian, untuk menguji pemanfaatan Publikasi IEC 354 (1972) tersebut, maka umur transformator perlu ditetapkan yaitu selama 20 tahun atau 7 300 hari, sehingga transformator itu akan mempunyai susut umur normal (normal loss of life) 0,0137 % per hari.

Catatan: Dalam SPLN 17A: 1979, Lampiran A, Sub-ayat 2.2 diberikan pengertian dan contoh perhitungan mengenai susut umur (use of life) sebagai berikut: Dengan dibebaninya transformator pada daya pengenal dan suhu sekitar 20 °C, maka transformator akan mengalami pemburukan isolasi dan karenanya mengalami susut umur yang normal, sehingga umur transformator sesuai dengan desain, misalnya 30 tahun.

Dibawah ini adalah tabel susut umur sebagai fungsi dari suhu titik-panas θ_c:

θ_c	Susut umur
80	0,125
86	0,25
92	0,5
98	1,0
104	2,0
110	4,0
116	8,0
122	16,0
128	32,0
134	64,0
140	128,0

Contoh 1: Transformator dibebani 10 jam pada θ_c = 104 °C dan 14 jam pada θ_c = 86 °C.
Susut umurnya = 10 x 2 + 14 x 0,25 = 23,5 jam umur selama 24 jam (harian).
Karena masih kurang dari 24 jam, transformator tidak mengalami "kenaikan susut umur", sehingga umurnya tetap sesuai dengan desain (Tabel I s/d X).

Contoh 2: Transformator dibebani 4 jam pada θ_c = 110 °C (pada beban puncak) dan 20 jam pada θ_c = 90 °C.
Susut umurnya = 4 x 4 + 20 x 0,4 (intrapolasi) = 24 jam umur, selama 24 jam. Ini juga berarti mengalami susut umur yang normal (Tabel I s/d X).

Contoh 3: Transformator dibebani 12 jam pada θ_c = 104 °C dan 12 jam pada θ_c = 98 °C.
Susut umurnya = 12 x 2 +12 x 1 = 36 jam umur, selama 24 jam. Ini berarti susut umurnya = 1,5 kali susut umur normal, sehingga umurnya menjadi $\frac{2}{3}$ x 30 tahun = 20 tahun. (Tabel XI s/d XXVI)

10 Kelompok Vektor

Ada tiga macam transformator yang dibedakan oleh tegangan pengenalnya pada sisi primer dan sisi sekunder, yaitu: 66/20 kV, 132/20 kV dan 132/69 kV.

Kelompok vektor bagi ketiga macam transformator tersebut ditetapkan sebagai berikut:

(a) Transformator 66/20 kV dan 132/20 kV: YNyn0

(b) Transformator 132/69 kV: YNd5 dan YNyn0.

11 Tingkat Isolasi Dasar dan Tegangan Uji Terapan

Tingkat Isolasi Dasar atau Tegangan Uji Impuls bagi transformator 66/20 kV dan 132/20 kV & 132/69 kV telah ditetapkan dalam SPLN 7: 1978 dan SPLN 8C: 1978, yaitu masing-masing 325 kV dan 550 kV. Tegangan Uji Terapan bagi transformator 66/20 kV dan 132/20 kV & 132/69 kV telah ditetapkan dalam SPLN 8C: 1978, yaitu masing-masing 140 kV dan 230 kV. Dengan mengingat pentanahan netral dan kelompok vektor pada ketiga macam transformator tersebut, maka berdasarkan SPLN 8C: 1978 Tingkat Isolasi bagi ketiga macam transformator tersebut adalah sebagai berikut:

66/20 kV: LI 325 AC 140/LI 125 AC 50
132/20 kV: LI 550 AC 230 - LI 250 AC 95/LI 125 AC 50
132/69 kV: LI 550 AC 230 - LI 250 AC 95/LI 325 AC 140

12 Karakteristik Elektris

12.1 Tabel IA, B, C dan D berikut ini adalah karakteristik listrik mengenai rugi besi dan tembaga, arusbeban-nol, efisiensi serta pengaturan tegangan (rugi tegangan) yang hanya merupakan contoh (bukan standar), namun harus dijadikan pedoman, kecuali impedans (dalam %) merupakan standar di PLN.

Tabel IA - Spesifikasi transformator fasa-3, 50 Hz, 66/20 kV, 630 s/d 10 000 kVA, pendinginan: ONAN
Kenaikan suhu tembaga maksimum: 65 °C *)
Kenaikan suhu minyak maksimum : 60 °C

Tegangan primer kV	Daya pengenal kVA	Rugi besi kW	Arus beban nol %	Rugi tembaga pada beban pengenal (75%) kW	Impedans %	Rugi tegangan pada faktor-daya 1,0 %	Rugi tegangan pada faktor-daya 0,8 %	Efisiensi pada faktor-daya 1,0 %	Efisiensi pada faktor-daya 0,8 %
66	630	2,3	4	9,8	6	1,72	4,79	98,11	97,65
	800	2,7	3,5	12	6	1,67	4,75	98,19	97,75
	1 000	3	3,1	13,5	6	1,52	4,66	98,38	97,98
	1 250	3,5	2,8	16	6,5	1,48	4,94	98,46	98,09
	1 600	4	2,5	18,5	7	1,39	5,18	98,61	98,27
	2 000	4,6	2,3	22	7	1,34	5,15	98,69	98,36
	2 500	5,3	2	26	7	1,28	5,11	98,76	98,46
	3 150	6,1	1,8	31	7	1,22	5,07	98,83	98,55
	4 000	7	1,6	36	7,5	1,18	5,33	98,94	98,67
	5 000	8,2	1,5	42	8	1,16	5,62	99	98,76
	6 300	9,5	1,3	50	8,5	1,15	5,91	99,06	98,83
	8 000	11	1,9	59,5	9	1,14	6,20	99,13	98,91
	10 000	13	1,1	70	10	1,20	6,83	99,18	98,97

*) Untuk transformator yang dilengkapi konservator atau tertutup-rapat (sealed) (Publikasi IEC 76-2(1976), Tabel IV).

Tabel IB - Spesifikasi transformator fasa-3, 50 Hz, 66/20 kV, 12,5 s/d 31,5 MVA, pendinginan: ONAN dan ONAF
Kenaikan suhu tembaga maksimum: 65 °C
Kenaikan suhu minyak maksimum : 60 °C

Tegangan primer kV	Daya pengenal MVA	Rugi besi kW	Arus beban nol %	Rugi tembaga pada beban pengenal (75 %) kW	Impedans %	Rugi tegangan pada faktor-daya 1,0 %	Rugi tegangan pada faktor-daya 0,8 %	Efisiensi pada faktor-daya 1,0 %	Efisiensi pada faktor daya 0,8 %
66	12,5	15	1	82	10,5	1,2	7,13	99,23	99,04
	16	17	0,9	97	11	1,21	7,43	99,29	99,18
	20	19,5	0,8	115	12	1,29	8,08	99,33	99,17
	25	22,5	0,7	136	12,5	1,32	8,39	99,37	99,21
	31,5	26	0,65	160	13	1,35	8,71	99,41	99,27

Tabel IC - Spesifikasi transformator fasa-3, 50 Hz, 132/20 kV, 12,5 s/d 31,5 MVA pendinginan: ONAN, ONAF dan OFAF/ODAF
Kenaikan suhu tembaga maksimum: 65 °C
Kenaikan suhu minyak maksimum : 60 °C

Tegangan primer kV	Daya pengenal MVA	Rugi besi kW	Arus beban nol %	Rugi tembaga pada beban pengenal (75 %) kW	Impedans %	Rugi tegangan pada faktor-daya 1,0 %	Rugi tegangan pada faktor-daya 0,8 %	Efisiensi pada faktor-daya 1,0 %	Efisiensi pada faktor-daya 0,8 %
132	12,5	15	1	76	12	1,33	8,1	99,28	99,10
	16	17	0,9	88	12	1,27	8,06	99,35	99,19
	20	20	0,85	105	12,5	1,31	8,38	99,38	99,22
	25	26	0,80	132	12,5	1,31	8,38	99,37	99,22
	31,5	39	0,95	184	13	1,42	8,76	99,30	99,12

Tabel ID - Spesifikasi transformator fasa-3, 50 Hz, 132/69 kV, 12,5 s/d 31,5 MVA pendinginan: ONAN, ONAF dan OFAF/ODAF
Kenaikan suhu tembaga maksimum: 65 °C
Kenaikan suhu minyak maksimum: 60 °C

Tegangan primer kV	Daya pengenal MVA	Rugi besi kW	Arus beban nol %	Rugi tembaga pada beban pengenal (75 %) kW	Impedans %	Rugi tegangan pada faktor-daya 1,0 %	Rugi tegangan pada faktor-daya 0,8 %	Efisiensi pada faktor-daya 1,0 %	Efisiensi pada faktor-daya 0,8 %
132	12,5	16,5	1,1	83	12	1,38	8,14	99,21	99,01
	16	19	1,0	98	12	1,33	8,10	99,27	99,09
	20	22	0,9	115	12,5	1,35	8,42	99,32	99,15
	25	29	0,9	144	12,5	1,36	8,42	99,31	99,14
	31,5	49	1,20	196	13	1,46	8,79	99,23	99,04

12.2 Dalam standar ini ditetapkan nilai maksimum bagi rugi total (dalam % terhadap daya pengenal), yaitu rugi besi dan tembaga pada 75 ^{o}C, faktor daya 1,0 dan beban 100%, sebagai berikut :

Tabel II - Rugi total maksimum

Transformator menurut Tabel IA		Transformator menurut Tabel IB		Transformator menurut Tabel IC		Transformator menurut Tabel ID	
Daya pengenal kVA	Rugi total maks. %	Daya pengenal MVA	Rugi total maks. %	Daya pengenal MVA	Rugi total maks. %	Daya pengenal MVA	Rugi total maks. %
630	1,92	12,5	0,78				
800	1,84	16	0,71				
1 000	1,65	20	0,67				
1 250	1,56	25	0,63				
1 600	1,41	31,5	0,59				
2 000	1,33						
2 500	1,25						
3 150	1,18						
4 000	1,08						
5 000	1,00						
6 300	0,94						
8 000	0,88						
10 000	0,83						

13 Kontruksi dan Alat-Pelengkap

13.1 Letak geografi dan keadaan iklim Indonesia adalah sebagai berikut:

- Geografi : kawasan ekuator.
- Ketinggian : kurang dari 1 000 m di atas permukaan laut.
- Kelembaban: 70 % sampai 100 %.
- Suhu : maksimum 40 ^{o}C.
  . rata-rata harian tertinggi 30 ^{o}C.
  . minimum 16 ^{o}C.
  . rata-rata tahunan 25,5 ^{o}C.

13.2 Transformator dirancang dan dibuat dari komponen dan bahan-baku yang sama sekali baru dan sesuai dengan persyaratan desain sebagaimana ditetapkan oleh standar IEC (Seri I, negara-negara selain Amerika dan negara-negara tertentu) dan standar nasional dari negara fabrikan.

Transformator dilengkapi pula dengan alat-alat pelengkap yang sama sekali baru dan sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan oleh fabrikan. Bagi transformator produksi dalam negeri yang dimaksudkan dengan fabrikan ialah pemberi lisensi. Komponen, bahan-baku dan alat-alat pelengkap tersebut serta penyelesaiannya haruslah disesuaikan pula dengan geografi dan iklim Indonesia, khususnya mempunyai sifat tahan karat (korosi).

13.3 Konstruksi transformator menurut Tabei IA adalah sebagai berikut:

13.3.1 Sirkit maknetis dengan 3 inti dibuat dari laminasi baja silikon (grain oriented silicon steel) dengan rugi-rugi yang rendah. Tersusun dengan sambungan-sambungan miring yang tumpang-tindih (overlapping oblique joints). Intinya adalah jenis tangga yang direkatkan satu sama lain (the glued step).

Catatan : Akan memperhatikan kemungkinan konstruksi cara lain sesuai dengan perkembangan teknologi.

13.3.2 Lilitan disusun konsentris dan terbuat dari kumparan spiral yang berlapis-lapis dan panjang. Pipa-pipa sirkulasi minyak dielektris antara lilitan-lilitan tersebut memberikan pendinginan yang efisien.

Klem-klem sirkit maknetis dan pasak-pasak lilitan dipasang kokoh untuk meningkatkan ketahanan rakitan inti-kumparan terhadap tekanan hubung-singkat.

13.3.3 Busing dari pasangan luar dapat dilepas tanpa membuka tangki. Busing 52 kV atau lebih adalah jenis kapasitor berisolasi-kering (dry-insulation capacitor). Bila diminta, kabel keluar dapat diberi tutup pelindung (protection cover).

13.3.4 Tangki mempunyai dinding yang licin terbuat dari pelat baja yang dilas, diperkuat dengan lipatan-lipatan atau dengan seksi-seksi; bertutup datar yang dibaut.

13.3.5 Sebagai pengubah sadapan berbeban dipasang tipe-Jansen, ditempatkan di ujung transformator dan disesuaikan dengan karakteristik lilitan yang diatur.

13.3.6 Pendinginan dengan cara ONAN. Untuk itu transformator dilengkapi dengan radiator-radiator yang kompak yang memudahkan pengangkutan dalam keadaan terakit lengkap (kurang dari 2,50 m lebarnya). Radiator-radiator itu dilas atau diberi flens pada transformator tergantung nilai-nilai pengenalnya. Bila diminta dapat dilengkapi dengan katub pelepas radiator. Minyak transformator yang digunakan harus memenuhi SPLN 49-1: 1982: "Minyak Isolasi, Bagian Satu: Pedoman Penerapan Spesifikasi dan Pemeliharaan Minyak Isolasi."

13.3.7 Transformator dirakit dengan kompak sehingga tingkat bising dapat dibatasi seperti dalam Tabel IIIA, IIIB dan IIIC & IIID.

Tabel IIIA - Tingkat Bising Transformator menurut Tabel IA TID $\leqslant$ 350 kV

Daya pengenal kVA	Tingkat bising dalam dB(A) *)	kVA	dB(A)
630	57	3 150	63
800	57	4 000	64
1 000	58	5 000	65
1 250	59	6 300	66
1 600	60	8 000	67
2 000	61	10 000	68
2 500	62		

Tabel IIIB - Tingkat Bising Transformator menurut Tabel IB TID $\leqslant$ 350 kV

Daya pengenal kVA	Tingkat bising dalam dB (A) *)
12 500	69
16 000	70
20 000	71
25 000	72
31 500	73

*) Cara pengukuran merujuk Publikasi 551(1976)

Tabel IIIC & D - Tingkat Bising Transformator
menurut Tabel IC & ID
TID 450, 550, 650 kV

Daya pengenal kVA	Tingkat bising dalam dB (A) *)
12 500	71
16 000	72
20 000	73
25 000	74
31 500	75

*) Cara pengukuran merujuk Publikasi IEC 551(1976)

13.4 Alat-alat pelengkap yang terpasang atau disertakan pada tiap transformator menurut Tabel IA sekurang-kurangnya terdiri dari:

(1) Konservator dengan indikator dielektris.

(2) Relai Bucholz dengan 2 kontak untuk alarem dan penjatuhan.

(3) Katub pemutus suplai (shut-off valve).

(4) Termostat ganda untuk alarem dan penjatuhan.

(5) Pelega (breather) dengan paking minyak.

(6) Sekrup pentanahan.

(7) Kantong termometer cadangan.

(8) Pelat nama.

(9) Empat buah roda yang dapat berputar dua arah yang bersudut siku-siku.

(10) Kuping pengangkat dan pembuka tangki.

(11) Dua buah penyaring (filter), katub-katub untuk mengeluarkan minyak dan contoh dengan penyambung union dan sumbat simetris (tipe Guillemin).

(12) Termometer jarum (dial thermometer).

(13) Kotak terminal untuk hubungan pengawatan bantu.

(14) Empat pelat pendukung (jack bearing plates).

(15) Relai pengaman pengubah sadapan dan alat pengontrol pengubah sadapan (pada transformator yang memakai pengubah sadapan berbeban).

Alat-alat pelengkap yang fakultatif, disertakan atas permintaan konsumen, yaitu :

(16) Katub eksplosi.

(17) Katub pelepas radiator.

(18) Penyambung busing (bushing connecting lug).

(19) Jalan keluar Kheops sebagai pengganti kotak terminal.

(20) Tutup pelindung bagi terminal tegangan tinggi dan tegangan menengah.

13.5 Konstruksi transformator menurut Tabel IB adalah sebagai berikut:

13.5.1 Sirkit maknetis dengan 3 inti terbuat dari laminasi baja silikon (grain-oriented silicon steel) dengan rugi-rugi yang rendah. Tersusun dengan sambungan-sambungan miring yang tumpang-tindih (overlapping oblique joints). Intinya adalah jenis tangga yang direkatkan satu sama lain (the glued step) supaya kokoh. Angker logam mengokohkan keleman laminasi gandar dan inti, yang dipasang sedemikian dengan maksud mencegah pergeseran sumbu lilitan sewaktu terjadi hubung-singkat.

Ganjalan pegas dan peredam dapat disediakan atas permintaan untuk transformator yang mungkin mengalami hubungsingkat yang berat.

Angker-angker dilas ke tangki agar dapat menahan tekanan-tekanan yang mungkin terjadi sewaktu pengangkutan.

13.5.2 Lilitan disusun konsentris dan terbuat dari kumparan spiral yang berlapis-lapis dan panjang. Pipa-pipa sirkulasi minyak pelbagai ukuran dan jumlahnya sesuai dengan pendinginannya memberikan pendinginan yang efisien.

Bilamana dengan sirkulasi minyak paksa, sebuah kamar tekanan-udara memberikan pembagian aliran minyak yang merata antara pipa-pipa tegangan rendah dan tegangan tinggi serta sirkit maknetis 3-inti itu.

Lilitan diperoleh dengan bubutan khusus yang memberikan tahanan mekanis yang baik. Semua lilitan (TR-TT dan pengubah sadapan) dililitkan langsung satu terhadap lainnya dan pula diberikan isolasi yang diperlukan antara lilitan-lilitan dan antara lapisan-lapisan itu.

Pada tahap terakhir setiap kumparan dimantapkan.
Pada tahap perakitan pemasangan kelem-kelem sirkit maknetis dikokohkan dengan dongkrak hidrolis yang untuk sementara memberikan gaya-gaya yang diperlukan dan pembagian tekanan yang merata pada semua lilitan.
Sambungan-sambungan terkuat dari kawat berisolasi kertas teguh padat.

13.5.3 Busing selalu dari jenis pasangan luar dan dapat dilepas tanpa membuka tangki. Busing 52 kV atau lebih adalah jenis kapasitor berisolasi-kering (dry-insulation capacitor). Bila diminta terminal dapat dilengkapi dengan tutup pelindung (protection cover) dan dirancang untuk sambungan dengan kabel.

13.5.4 Tangki biasanya dari jenis lonceng. Kubah memungkinkan pengosongan gas (bila ada) ke relai Bucholz. Keseluruhannya terbuat dari pelat baja yang diperkuat dengan rusuk-rusuk agar dapat menahan tekanan minyak atau tekanan mekanis yang timbul sewaktu mengeluarkan minyak transformator. Rakitan diperoleh dengan pengelasan. Tangki berikut konservator.
Pendinginan dipasang pada sisi-sisi tangki dan ukurannya disesuaikan dengan karakteristik rugi-rugi yang standar atau yang diinginkan dan kenaikan suhu.

13.5.5 Sebagai pengubah sadapan berbeban dipasang tipe-Jansen, ditempatkan di ujung transformator dan disesuaikan dengan karakteristik lilitan.

13.5.6 Pendinginan dilaksanakan dengan beberapa cara, yaitu:

- radiator-radiator dipasang langsung pada tangki dan minyak bersikulasi alami. Radiator-radiator itu didinginkan oleh udara sekitar (ONAN);
- sirkulasi udara dapat dipercepat dengan kipas (ONAF).
  Cara ini harus dilaksanakan pada transformator berkapasitas 25 000 kVA ke atas.
- sirkulasi minyak paksa dalam pendingin udara yang dilewatkan melalui lilitan. Cara ini merupakan pilihan yang lebih baik untuk transformator berkapasitas pada julat ini karena transformatornya menjadi lebih kecil dan murah (ODAF).

- untuk transformator yang khusus pendingin air dapat diganti dengan pendingin air (ODWF).

Catatan: Dalam SPLN 17A: 1979 (Publikasi IEC 354) tidak dicantumkan grafik dan tabel pembebanan untuk pendinginan cara ODAF dan ODWF. Yang tercantum hanya ONAN & ONAF (Tabel I s/d V) dan OFAF & OFWF (Tabel VI s/d X).
Namun karena ODAF & ODWF sedikit lebih baik dari OFAF dan OFWF maka cukup aman bilamana keduanya disamakan.

13.6 Alat-alat pelengkap yang terpasang atau disertakan pada tiap transformator menurut Tabel IB sekurang-kurangnya terdiri dari:

(1) Konservator berikut indikator dielektris dengan pembacaan langsung.
(2) Relai Bucholz dengan dua kontak untuk alarem dan penjatuhan.
(3) Katub pemutus suplai (minyak) (shut-off valve).
(4) Termometer tanpa kontak.
(5) Termostat ganda untuk alarem dan penjatuhan.
(6) Katub keamanan untuk tekanan lebih di dalam tangki.
(7) Pelega (breather) dengan paking minyak.
(8) Kantong termometer cadangan.
(9) Penyaring minyak, katub-katub ∅ 40 untuk mengeluarkan minyak dan contoh dengan penyambung union tipe Guillemin.
(10) Empat buah gelang untuk mengangkat transformator (komplit).
(11) Empat buah roda yang terpasang dengan flens dan dapat berputar dua arah yang bersudut siku-siku.
(12) Empat pelat pendukung (jack bearing plates).
(13) Kotak terminal untuk hubungan pengawatan bantu.
(14) Sekrup pentanahan.
(15) Kotak untuk pengawatan bagi pengamanan motor di dalam sistem pendinginan (pada sistem pendinginan yang memakai motor).
(16) Pelat nama.
(17) Relai pengaman pengubah sadapan dan alat pengontrol pengubah sadapan (pada transformator yang memakai pengubah sadapan berbeban).

Alat-alat pelengkap yang fakultatif, disertakan atas permintaan konsumen, yaitu :

(18) Ekstraktor gas relai Bucholz.

(19) Penyambung busing (bushing connection lugs).

(20) Tutup pelindung bagi terminal tegangan tinggi dan tegangan menengah.

(21) Jalan keluar bagi kabel.

13.7 Konstruksi transformator menurut Tabel IC adalah sama seperti diuraikan pada Subayat 13.5.

13.8 Alat-alat pelengkap yang terpasang atau disertakan pada tiap transformator menurut Tabel IC sekurang-kurangnya sama seperti diuraikan pada Subayat 13.6.

13.9 Konstruksi transformator menurut Tabel ID sama seperti diuraikan pada Subayat 13.5.

13.10 Alat-alat pelengkap yang terpasang atau disertakan pada tiap transformator menurut Tabel ID sekurang-kurangnya sama seperti diuraikan pada Subayat 13.6.

Pasal Empat
Spesifikasi Khusus

14 Dalam pemesanan konsumen sebagai pemesan dapat menetapkan lebih lanjut spesifikasi khusus masing-masing bagi transformator yang diimpor dan produksi dalam negeri sesuai dengan pengalaman dan kebutuhan pemesan. Bilamana dianggap perlu baik bagi transformator yang diimpor maupun produksi dalam negeri dapat ditetapkan ketentuan-ketentuan sebagai berikut:

(a) Berat maksimum dan perinciannya.

(b) Dimensi maksimum.

(c) Langkah-langkah penanganan guna mencegah korosi.

(d) Uraian konstruksi yang terperinci.

(e) Uraian mengenai alat-alat pelengkap.

(f) Uraian yang lebih spesifik mengenai pengujian, termasuk pengujian khusus yang dikehendaki pembeli dan disetujui fabrikan.

(g) Suku cadang dan perkakas.

15 Bagi transformator yang diimpor dapat ditambahkan persyaratan konstruksi dan alat-pelengkap, sebagian atau seluruhnya, seperti tercantum pada Ayat 16.

16 Bagi transformator produksi dalam negeri ditambahkan persyaratan konstruksi dan alat-pelengkap sebagai berikut:

16.1 Pelat nama yang permanen dibuat dari pelat yang kuat dan tahan cuaca serta bernomor seri yang mudah dikenal konsumen. Tulisan pada pelat harus jelas, misalnya dengan goresan, ukiran atau cap.

Data untuk pelat nama sesuai SPLN 8A: 1978 (Publikasi IEC 76-1(1976), Ayat 5) ditambah dengan standar nasional negara fabrikan, yaitu:

(a) Macam transformator (misalnya transformator, ototransformator).

(b) Nomor spesifikasi.

(c) Nama fabrikan.

(d) Nomor seri (fabrikan).

(e) Tahun pembuatan.

(f) Jumlah fasa.

(g) Daya pengenal.

(h) Frekuensi pengenal.

(i) Tegangan pengenal.

(j) Arus pengenal.

(k) Lambang hubungan.
(Kelompok vektor).

(l) Tegangan impedans pada arus pengenal.
(Nilai pengukuran).

(m) Pendinginan.

(n) Berat total.

(o) Berat minyak.

(p) Kenaikan suhu.

(q) TID.

(r) Sadapan.

(s) Standar (IEC dan standar-standar nasional)

dan lain-lain yang dianggap perlu.

Pelat nama dipasang pada sisi TT atau sisi TM berdasarkan permintaan.

16.2 Mutu kayu jati yang dipakai untuk fondasi lilitan sesuai dengan standar mutu dari fabrik pemberi lisensi, yang setelah mengalami proses pengeringan memperoleh sertifikat dari Direktorat Jenderal Kehutanan, Departemen Pertanian R.I..

16.3 Bahan paking untuk busing sama atau sama mutunya dengan bahan fabrik pemberi lisensi. Untuk itu diperlukan pengujian tekanan dengan nitrogen sampai 0,3 bar (atu tekanan lebih).

16.4 Terminal tegangan (pada busing) dibuat dari kuningan (brass), supaya tidak berkarat.

16.5 Pegangan konservator harus kokoh.

16.6 Mutu cat sesuai dengan standar mutu dari fabrik pemberi lisensi.

Pasal Lima
Ujian

17 Sebelum dioperasikan transformator wajib diuji oleh pabrik pembuatnya atau lembaga penguji yang terkenal dan disetujui oleh yang berwenang bagi transformator yang diimpor, sedang bagi transformator produksi dalam negeri diuji oleh pabrik pembuatnya atau lembaga penguji lokal yang disetujui/mendapat pengakuan dari yang berwenang. Pengujian transformator dilaksanakan melalui tiga macam ujian sebagaiamana diuraikan dalam SPLN 8A s/d E: 1978 (Publikasi IEC 76(1976), yaitu :

17.1 Ujian rutin.

Ujian rutin dilaksanakan terhadap setiap transformator.

17.2 Ujian jenis

Ujian jenis dilaksanakan terhadap sebuah transformator yang mewakili transformator lainnya yang sejenis, guna menunjukkan bahwa semua transformator jenis ini memenuhi persyaratan yang belum diliput oleh ujian rutin.

Catatan: Sebuah transformator dianggap mewakili transformator lainnya yang sejenis bilamana nilai-nilai pengenal dan konstruksinya sama. Tetapi ujian jenis juga berlaku bilamana terdapat sedikit perbedaan nilai pengenal dan konstruksi atas persetujuan fabrikan dengan pembeli.

17.3 Ujian khusus

Ujian khusus yang lain dari ujian rutin dan ujian jenis, dilaksanakan atas persetujuan fabrikan dengan pembeli, dan hanya dilaksanakan terhadap satu atau lebih transformator dari sejumlah transformator yang dipesan dalam suatu kontrak.

18 Ujian rutin

Ujian rutin meliput ujian dan pengukuran sebagai berikut:

18.1 Pengukuran tahanan lilitan

(Lihat SPLN 8A: 1978 (Publikasi IEC 76-1 (1976), Subayat 8.2).

18.2 Pengukuran hasilbagi tegangan dan pemeriksaan hubungan vektor tegangan

(Lihat SPLN 8A: 1978 (Publikasi IEC 76-1 (1976), Subayat 8.3).

18.3 Pengukuran tegangan impedans (penyadapan utama) impedans hubung-singkat dan rugi beban
(Lihat SPLN 8A: 1978 (Publikasi IEC 76-1 (1976), Subayat 8.4).

18.4 Pengukuran arus dan rugi pada beban nol
(Lihat SPLN 8A:1978 (Publikasi IEC 76-1 (1976), Subayat 8.5).

18.5 Ujian dielektris
(Lihat SPLN 8C: 1978 (Publikasi IEC 76-3 (1980), Subayat 5.1, 5.2, 5.3, Tabel II, 11,2 dan Ayat 10).

18.6 Ujian pada pengubah-sadapan berbeban, dimana diperlukan
(Lihat SPLN 8A: 1978 (Publikasi IEC 76-1 (1976), Subayat 8.8).

19 Ujian jenis

Ujian jenis meliput ujian dan pengukuran sebagai berikut:

19.1 Ujian kenaikan-suhu
(Lihat SPLN 8B: 1978 (Publikasi IEC 76-2 (1976), Ayat 2 dan 3).

19.2 Ujian dielektris
(Lihat SPLN 8C: 1978 (Publikasi IEC 76-3 (1980), Subayat 5.1, 5.2, 5.3, Tabel II, dan Ayat 12).

20 Ujian Khusus

Ujian khusus meliputi ujian dan pengukuran sebagai berikut:

20.1 Ujian dielektris
(Lihat SPLN 8C: 1978 (Publikasi IEC 76-3 (1980), Subayat 5.1, 5.2, 5.3, Tabel II dan Subayat 12..3.2).

20.2 Pengukuran impedans urutan-nol pada transformator fasa-tiga
(Lihat SPLN 8A: 1978 (Publikasi IEC 76-1 (1976), Subayat 8.7).

20.3 Ujian hubung-singkat
(Lihat SPLN 8E: 1978 (Publikasi IEC 76-5 (1976), Ayat 1 dan 2).

20.4 Pengukuran tingkat bunyi akustis
(Lihat Publikasi IEC 551 (1976): "Measurement of Transformer and Reactor Sound Levels").

20.5 Pengukuran harmonik pada arus beban-nol
(Lihat SPLN 8A: 1978 (Publikasi IEC 76-1 (1976), Subayat S.6).

20.6 Pengukuran daya yang diambil oleh motor-motor kipas dan pompa minyak.

Bilamana masih diperlukan ujian khusus selain tersebut di atas, maka metode ujiannya ditetapkan dengan persetujuan antara fabrikan dengan pembeli.

LAMPIRAN A
HAL-HAL YANG PERLU DIPERHATIKAN DALAM PEMESANAN

Dalam SPLN 8A: 1978 (Publikasi IEC 76-1 (1976), hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pemesanan transformator diuraikan selengkapnya (termasuk persyaratan kerja paralel) pada Lampiran A.
Berikut ini adalah hal-hal terpenting yang perlu diperhatikan dalam pemesanan transformator distribusi yang mempunyai tegangan tertinggi (untuk peralatan) 24 kV atau kurang, baik melalui impor maupun pembelian dalam negeri.

1. Nilai pengenal dan data umum

   1.1 Spesifikasi normal

   (1) Spesifikasi berdasarkan standar-standar IEC sebagaimana ditegaskan dalam standar ini.
   (2) Transformator lilitan-terpisah atau ototransformator.
   (3) Transformator fasa-tiga atau fasa-tunggal.
   (4) Sistem fasa-tiga, atau fasa-tunggal.
   (5) Frekuensi.
   (6) Transformator terendam-minyak (minyak mineral) atau transformator kering.
   (7) Pasangan dalam atau luar.
   (8) Daya pengenal (kVA).
   (9) Tegangan pengenal (lilitan primer dan sekunder).
   (10) Penyadapan tanpa beban.
   (11) Tingkat Isolasi Dasar.
   (12) Lambang hubungan atau kelompok vektor.
   (13) Pemasangan, perakitan, pengangkutan dan penanganannya.
   (14) Dan lain-lain yang dianggap perlu.

   1.2 Spesifikasi khusus

   Sebagai spesifikasi khusus mungkin diperlukan informasi tambahan mengenai pelbagai hal antara lain:
   - Untuk ujian tegangan denyut (impuls), apakah diperlukan ujian dengan gelombang terpancung.
   - Karakteristik hubung-singkat.
   - Dan lain-lain seperti diuraikan pada Pasal Lima, Subayat 17.3 mengenai ujian khusus.

2. Persyaratan kerja-paralel

Bilamana transformator akan diparalel dengan sistem yang ada, perlu diperhatikan dan ditegaskan hal-hal berikut:

(a) Daya pengenal.

(b) Hasilbagi tegangan pengenal.

(c) Hasilbagi pada penyadapan yang lain dari penyadapan utama.

(d) Rugi beban pada arus dan tegangan pengenal pada penyadapan utama, yang dikoreksi sesuai dengan suhu rujukan (reference temperature).

(e) Tegangan impedans pada arus pengenal (pada penyadapan utama).

(f) Impedans hubung-singkat pada pelbagai kedudukan penyadapan.

(g) Diagram hubungan atau lambang hubungan atau keduanya.

MENTERI PERTAMBANGAN DAN ENERGI
REPUBLIK INDONESIA

KEPUTUSAN MENTERI PERTAMBANGAN DAN ENERGI

NOMOR : 350 K/473/M.PE/1986

MENTERI PERTAMBANGAN DAN ENERGI,

Membaca : Surat Direktur Jenderal Listrik dan Energi Baru Nomor 1611 /47 / 600.3/1986 tanggal 12 April 1986.

Menimbang : a. bahwa standar-standar ketenagalistrikan sebagaimana tercantum dalam lajur 2 Lampiran Keputusan ini adalah merupakan hasil rumusan dan pembahasan konsep standar sebagaimana diatur dalam Pasal 8 ayat (1) dan (2) Peraturan Menteri Pertambangan dan Energi Nomor : 02/P/M/Pertamben/1983 tanggal 3 Nopember 1983 tentang Standar Listrik Indonesia;

b. bahwa sehubungan dengan itu, untuk melindungi kepentingan masyarakat umum dan konsumen di bidang ketenagalistrikan, dipandang perlu menetapkan standar-standar ketenagalistrikan tersebut ad. a. menjadi Standar Listrik Indonesia sebagaimana tercantum dalam lajur 3 dan 4 Lampiran Keputusan ini.

Mengingat : 1. Undang-undang Nomor 15 Tahun 1985 (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1985 Nomor 74);

2. Peraturan Pemerintah Nomor 36 Tahun 1979;

3. Keputusan Presiden Nomor 45/M Tahun 1983;

4. Keputusan Presiden Nomor 15 Tahun 1984;

5. Peraturan Menteri Pertambangan dan Energi Nomor 02/P/M/Pertamben/1983.

M E M U T U S K A N :

Menetapkan :

PERTAMA : Menetapkan Standar-Standar Ketenagalistrikan sebagaimana tercantum dalam lajur 3 dan 4 Lampiran Keputusan ini sebagai Standar Listrik Indonesia (SLI).

KEDUA : ....

K E D U A : Ketentuan mengenai penerapan Standar Listrik Indonesia (SLI) sebagaimana dimaksud dalam diktum PERTAMA Keputusan ini diatur lebih lanjut oleh Direktur Jenderal Listrik dan Energi Baru.

K E T I G A : Keputusan ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan.

Ditetapkan di : J A K A R T A
Pada tanggal : 15 APRIL 1986.

MENTERI PERTAMBANGAN DAN ENERGI

MENTERI PERTAMBANGAN DAN ENERGI

S U B R O T O

SALINAN Keputusan ini disampaikan kepada Yth. :

1. Para Menteri Kabinet Pembangunan IV;
2. Ketua Dewan Standardisasi Nasional;
3. Pimpinan Lembaga Pemerintah Non Departemen;
4. Sekretaris Jenderal Departemen Pertambangan dan Energi;
5. Direktur Jenderal Listrik dan Energi Baru, Dep. Pertambangan dan Energi;
6. Pimpinan Badan Usaha Milik Negara;
7. Ketua KADIN;
8. Kepala Biro Pusat Statistik;
9. A r s i p .

LAMPIRAN KEPUTUSAN MENTERI PERTAMBANGAN DAN ENERGI
NOMOR : 350 K/473/M.PE/1986.
TANGGAL : 15 APRIL 1986.

No.	STANDAR-STANDAR KETENAGALISTRIKAN	DAFTAR STANDAR LISTRIK INDONESIA (SLI)	
		NAMA SLI	CODE/NOMOR SLI
1	2	3	4
1.	Pendinginan Mesin Sinkron	Pendinginan Mesin Sinkron	SLI 018-1985 S.008
2.	Spesifikasi Transformator Distribusi	Spesifikasi Transformator Distribusi	SLI 019-1985 a.009
3.	Spesifikasi Transformator Tegangan Tinggi	Spesifikasi Transformator Tegangan Tinggi	SLI 020-1985 a.010
4.	Konduktor Aluminium Berpenguatan Baja	Konduktor Aluminium Berpenguatan Baja	SLI 021-1985 a.011
5.	Ujian Pembebanan pada Menara Saluran Udara	Ujian Pembebanan pada Menara Saluran Udara	SLI 022-1985 S.009
6.	Pedoman Uji Siap Guna, Operasi dan Pemeliharaan Turbin Air (revisi SLI 001-1984)	Pedoman Uji Siap Guna Operasi dan Pemeliharaan Turbin Air (revisi SLI 001-1984)	SLI 023-1985 S.010
7.	Standar Meter kWh Pasangan Dalam	Standar Meter kWh Pasangan Dalam	SLI 024-1985 a.012

MENTERI PERTAMBANGAN DAN ENERGI

MENTERI PERTAMBANGAN DAN ENERGI

S U B R O T O